



EMÜ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Aianduse osakond

Pirje Ahosepp

MUSTIKATE MINERAALNE TOITUMINE

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Dots. Marge Starast

Tartu 2013



Institute of agricultural and environmental sciences

Department of Horticulture

Pirje Ahosepp

MINERAL NUTRITION OF BLUEBERRIES

Bachelor

Supervisor: Dots. Marge Starast

Tartu 2013

Sisukord

1. Sissejuhatus	4
2. Mustika bioloogilised eripärad.....	6
2.1 Kultuuris kasvatatavad mustikaliigid	6
2.2 Juurestik, mükoriisa	10
2.3 Mustikate nõuded mullakeskkonnale	14
3. Erinevate keemiliste elementide tähtsus mustika taime füsioloogilistes protsessides	18
4. Arutelu.....	33
5. Kokkuvõte	37
6. Summary	39
7. Tänuavaldus	41
8. Kasutatud kirjandus.....	42

1. Sissejuhatus

Mustikakasvatus on aastatega oluliselt laienenud ja käesoleval ajal tegeletakse erinevate mustikaliikide sordiaretus- ja kasvatusalase uurimistööga, lisaks USA-le ja Kanadale ka Euroopas, Austraalias, Uus-Meremaal, Jaapanis, Koreas, Lõuna-Ameerikas, Hiinas ja Lõuna-Aafrikas (Strik, 2005). Mustikad on kõrgelt hinnatud marjad, mille väärtus põhineb nende antioksidatiivsetel omadustel. Oluliseks polüfenooliks mustikates on antotsüaanid, mis annavad ka marjadele värvuse. Peale kodumaise loodusliku mustika on viimase aastakümne jooksul Eesti põldudele ja toidulaudadele tee leidnud võõramaist päritolu kultuurmustika liigid ja sordid (Albert, 2010; Erala, 2012). Eestis algasid katsetööd alles 1997. aastal, mil rajati esimene katseistandik sortidega 'Northblue' ja 'Northcountry'. Koostöös Kanada teadlastega alustati ahtalehise mustika kasvatustehnoloogiate katsetamisega mineraal- ja turbamullal. Lähtuvalt katsetulemustest on Eestis osutunud perspektiivseteks marjakultuurideks ahtalehine mustikas ja poolkõrge mustikas. Mustikakasvatus on võitnud üha enam populaarsust Lõuna-Eesti taludes. Suurimad istandikud on 10 ja väiksemad 0,8 ha suurused. Ahtalehiste mustikate hektarisaak on sõltuvalt istandiku vanusest 3,2 – 9,6 t, kuid marjad varieeruvad nii kuju, värvuse kui ka suuruse poolest. 'Northblue' istandikust võib hektarilt saada 2,2 – 3,6 t atraktiivseid suuri marju.

Mustikad on happelembesed taimed, sest neile sobib madala pH-ga muld (Kuepper ja Driver, 2004). Kuna mustikal puuduvad juurekarvad, mis aitavad omastada toitaineid, siis tema toitainete omastamisel on abiks mükoriissne sümbioos (Smith ja Read, 2008). Mükoriisse sümbioosi peamine eesmärk on toitainete vahetus. Mükoriisa on maismaataimedel mineraalainete hankimisel peamine organ. Autotroofsed taimed pakuvad seentele märkimisväärsel hulgal orgaanilisi süsinikuühendeid ning saavad seentelt vastu mineraalaineid nagu P, N, Zn, Cu, mida nende endi juured pole võimelised mullast piisavas koguses hankima.

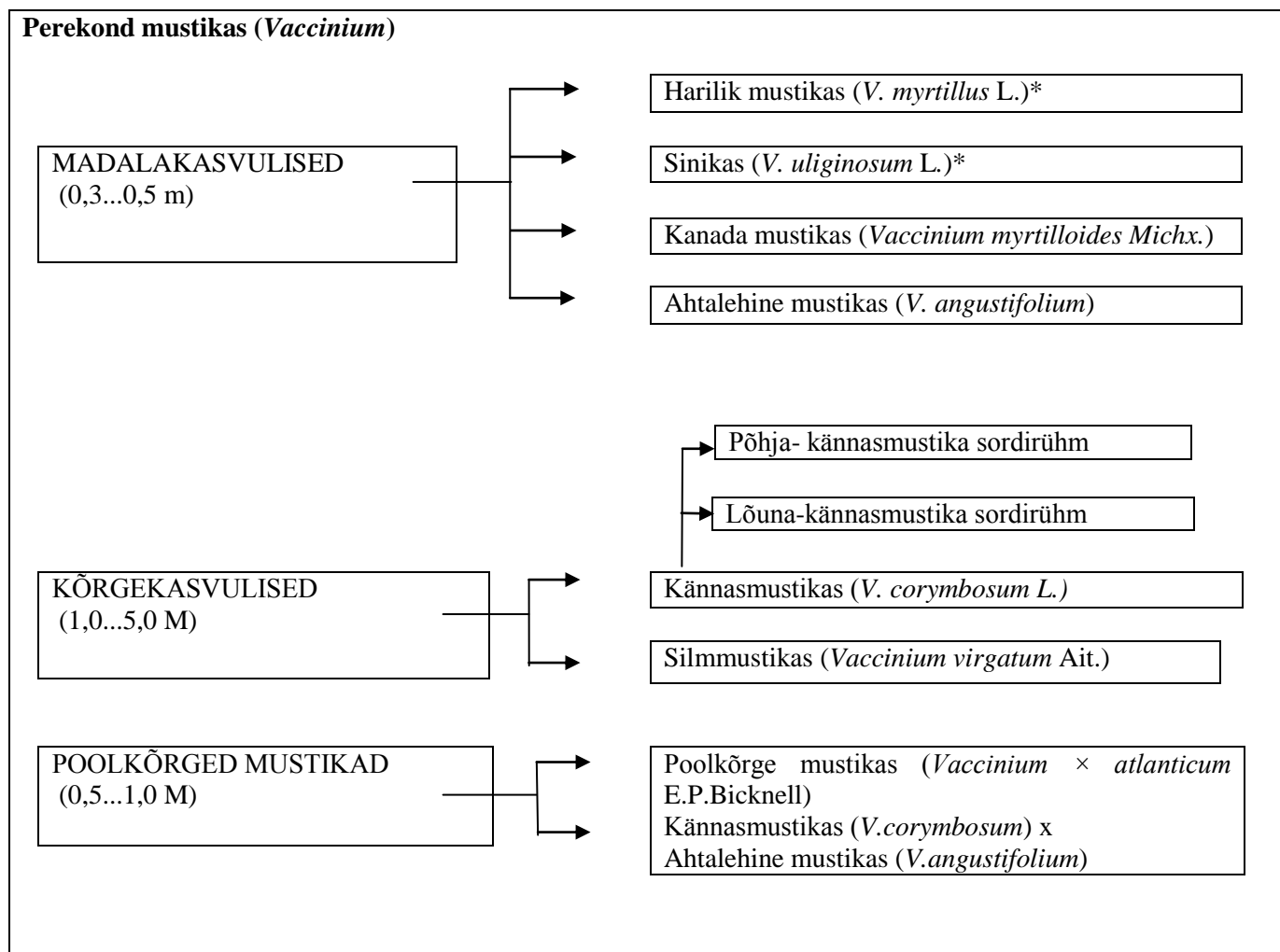
Käesoleva bakalaureusetöö hüpoteesiks on mustika, kui happelembese taime mineraalne toitumine erineb oluliselt lubjalembestest taimedest.

Antud töö eesmärgiks oli välja selgitada mustikate bioloogilised eripärad seoses mineraalse toitumisega ja erinevate keemiliste elementide tähtsus taime füsioloogilistes protsessides ning agrotehnilisi võimalusi mustikate mineraalsae toitumise parandamiseks.

2. Mustika bioloogilised eripärad

2.1 Kultuuris kasvatatavad mustikaliigid

Mustikas on mitmeaastane heitlehine või igihaljas põõsas, mis kuulub *Vaccinium* perekonda ja *Ericaceae* sugukonda (Li, 2001). Maailmas on umbes 400 looduslikku mustikaliiki, mis kasvavad eelkõige põhjapoolkeral. Joonisel 1 on ära toodud peamiselt kultuuris kasvatatavad mustikaperekonna liigid.



Joonis 1. Majanduslikku tähtsust omavad mustikaliigid ja –sordirühmad (Starast jt, 2005; Eestikeelsete taimenimede andmebaas, 2013)

Silmmustikas (*Vaccinium virgatum* Ait., sün. *V. ashei* J.M. Reade) taimed kasvavad 1,8-3,0 meetri (joonis 2) kõrguseks (Strik ja Finn, 2008). Võrreldes kannasmustikaga on silmmustika sordid tumedamate viljadega, rohkete märgatavate seemnetega, vilja välimine kest on paks ja tugev. Kuigi mõned uuemad sordid on viljade kvaliteedi poolest sarnased kannasmustikale. Silmmustikad on "happelembesed" taimed, mis ei talu leeliselist pinnast (Hall ja Draper, 1997). Taimed kasvavad hästi, kui mulla pH on vahemikus 4,0-5,5. Samas peab niisutusvees olema kaltsiumvesinikkarbonaatide sisaldus minimaalne. Silmmustika taimed on ka äärmiselt tundlikud naatriumi suhtes. Kasvatades konteinerites või istandikes, kus on kasutatud kas turbasambla või männikoorega kasvusubstraati, siis on võimalik saada rahuldavat toodangut. Silmmustika sorte on aretatud piirkondadele, kus on pikad ja soojad suved (Strik ja Finn, 2008). Seetõttu kasvatatakse seda mustikaliiki peamiselt Lõuna-Ameerikas ja vähemal määral Aasias. Jahedama kliimaga piirkondades kipuvad taimed olema väiksemad ja viljad valmivad liiga hilja, hilis-suvel ja sügisel. Silmmustikad on väga tundlikud talvekülmade suhtes. See on üks laialdasemalt kaubanduslikult kasvatatavatest mustikaliikidest (Yemmireddy jt, 2012).



Joonis 2. Üle 2 m kõrgused silmmustika taimed tootmisistandikus (M.Starasti foto).

Kännasmustikas (*V. corymbosum* L.), vanemates kirjandus allikates kasutatakse veel ladina keelseid sünonüümne *V. australe* Small, *V. amoenum* Ait., *Cyanococcus corymbosus* (L.) Rydberg (Starast jt, 2005). Põõsad on 1-5m kõrged, harva moodustab ka maaaluste võsundite kaudu kõrvalpõõsaid. Ovaalsed kuni kitsaslineaarsed lehed on umbes 2,5-7,5cm pikad ja 3,5 cm laiad, pealt siledad ja alt udejate karvadega kaetud, ripsmelised leheservad on kas terved või sakilised. Nektaririkkad valged kuni roosad, harva punased õied asuvad kannastes. Õiekroon on silinderjas või kellukjas. Marja läbimõõt varieerub 4 ja 12mm vahel, värvus vaheldub mustast kuni hallikassiniseni.

Ahtalehine mustikas (*V. angustifolium* Ait, sün: *V. brittonii* Porter ex E.P Bicknelli, *V. nigrum* Britton) (Vander Kloet, 1988). Taimed on 10-60cm kõrged (joonis 3.) ja moodustavad palju maa-aluseid võsundeid, mis tekitavad tiheda, mitmetesse meetritesse ulatuva läbimõõduga põõsa. Noored võrsed on kas rohelised või pruunikad, siledad või udejad. Lehed on elliptilised kuni kitsas-elliptilised, 0,5-2,0cm laiad ja 1,5-4 cm pikad. Lehtede värvus varieerub kollakasrohelisest kuni sinikasrohelisena, pealmine lehepind on sile, allküljel võib olla üksikuid karvu. Roosakad või valged kellukjad 4mm pikkused õied on koondunud tihedasse või hõredasse kobarasse võrse tipuosas. Marjade läbimõõt on 3-12mm, värvus varieerub läikivmustast kuni hallikassiniseni, maitse poolest on hapukas- kuni maguslääge.



Joonis 3. Paarikümne cm kõrgused ahtalehise mustika taimed.

Poolkõrge mustikas (*Vaccinium ×atlanticum* E.P.Bicknell) on ahtalehise- ja kännasmustika ristikand (Strik ja Finn, 2008). Ideeks oli luua selline mustika liik, mis oleks külmemas kliimas kasvatatav, need sordid taluvad kuni -25°C. Taimed kasvavad 0,9-1,2meetri kõrguseks, mistõttu on enamik taimest lume all. Poolkõrge mustikas hakkab vilja kandma alates neljandast kasvuaastast (Starast jt, 1991). Antud mustika sordid sobivad tööstuslikuks tootmiseks ja kasvatamiseks ilu- või konteinertaimena (Strik ja Finn, 2008). Maastikul ilutaimena kasvatades ei pea taimi nii tihti ja korrapäraselt lõikama, kui tootmistingimustes kasvavaid põõsaid.

Poolkõrgele mustikale on omane hiline sügisene kasv, võrsed jäävad külmade saabudes rohtseks, mistõttu võib esineda külmakahjustusi (Starast jt, 1991). Eesti tingimustes on poolkõrge mustika kasvatamisel oluline valida sobivad sordid ja kasvutehnoloogiad, mis võimaldaks paremini taluda karme talvetingimusi. Kuigi poolekõrge mustika sordid on pigem talvekindlad ja suudavad kasvada põhjapoolsetes piirkondades paremini, kui kännasmustikad (Luby jt, 1989). Varasematest uuringutest Eestis on leitud, et poolkõrge mustika sordid 'Northblue' ja 'Northcountry' taluvad Eesti kliimatingimusi hästi (Starast jt, 2002).

Sordil 'Northcountry' on 1m laiune kompaktne põõsas, mis on kohanenud kasvama happelistel muldadel (Strik ja Finn, 2008). Mari on keskmise suurusega (alla 12,7mm läbimõõduga), magus ja väga hea maitsega. Selle sordi viljad valmivad Eesti oludes augusti algul (Starast jt, 2005)

Sordil 'Northblue' on kuni 0,9m kõrgused, püstise kasvukujuga põõsas (Strik ja Finn, 2008). Marjad on keskmise suurusega kuni suured ja hea hapukasmagusa maitsega. Viljad valmivad juulis (Starast jt, 2005).

2.2 Juurestik, mükoriisa

Mustikate omapäraks on see, et taimede juured on väga peened, niitjad, kuid neil puuduvad juurekarvad, mis tavapäraselt aitavad taimedel omastada mullast kiiresti vett ja toitaineid (Holmes 1960; Pearson ja Read, 1973). Mustika taimedel ei ole peajuurt täheldatud (Gough 1980; Laycock 1967). Mõned mustikaliigid, näiteks ahtalehine mustikas moodustab maa-aluseid võsundeid, mille abil taimed paljunevad (joonis 4). Mustika juurestik paikneb väga pinna lähedal (Freeman, 1983; Eck, 1988). Tavaliselt suurem osa juurtest asub ülemises 0,5m mulla profiilis, kus enamus juurtest on koondunud tihedalt maapinna lähedale. Harva võivad mõningad suuremad juured ulatuda ka 0,9 m sügavusele (Pritts ja Hancock, 1992). Keskmiselt on mustika juurte läbimõõt ainult 0,18 - 0,20 mm (Holzapfel, 2009).

Juured hakkavad kasvama kevadel, kui mulla temperatuur on juurestikus jõudnud umbes 6°C-ni. Tavaliselt toimub see siis, kui pungad hakkavad paisuma. Kasv jätkub hiliskevadel, kui juurestiku temperatuur on tõusnud umbes 15°C-ni. Juurte aktiivsus väheneb, kui marjad on küpsenud. Kui saak on valmis, siis muutuvad juured taas aktiivseks. Enamjaolt toimub see varasügisel, kui mulla temperatuur läheneb 15°C-ni, ning lõpeb, kui mulla temperatuur langeb 6°C-ni.

Kuna mustika puhul on tegu mükoriisataimega, siis tema juured on lähedases suhtes endomükoriisa seentega (Pritts ja Hancock, 1992). Need seened elavad osaliselt taime juurte välimestes rakkudes ja osaliselt ümbritsevas pinnases, kus mükoriisat moodustavate mikroseente hüüfid täidavad juurekarvade rolli. Mis aitavad kaasta toitainete omastamisele mullast (Gough, 1980; Laycock, 1967).

Pearson ja Read (1973) on leidnud, et mikroseente vahendusel omastab taim paremini eelkõige fosforit, kuid ka lämmastiku omastamisel on oluline roll mikroorganismidel (Stribley ja Read, 1974). Mükoriisaseentel on tähtis koht *Vaccinium* liikide bioloogias ja säästva tootmise süsteemis, sest mükoriisa võib aidata vähendada põllumajanduses kasutatavate kemikaalide hulka (Starast jt, 2006).



Joonis 4. Ahtalehise mustika taime maapealsed ja maa-alused organid (M. Starasti erakogu).

Mükoriisa on seene (spetsialiseerunud eluks mullas ja taimedes) ja elusa taimejuure (või mõne muu substraadiga siduva organi) vaheline sümbiootiline ühendus, mis on ühele või mõlemale osapoolele eluliselt tähtis ja mille põhieesmärk on toitainete ülekanne (Smith ja Read, 2008). Autotroofsed taimed pakuvad seentele märkimisväärsel hulgal orgaanilisi süsinikühendeid ning saavad seentelt vastu mineraalaineid nagu P, N, Zn, Cu, mida nende endi juured pole võimelised mullast piisavas koguses hankima. Looduslikes ökosüsteemides hangivad taimed kuni 80% vajaminevast lämmastikust ja kuni 90% fosforit mükoriissaseente vahendusel (Van der Heijden jt, 2008). Toitainete vahetamiseks oluline partneritevaheline kontakt kujuneb välja taime ja seene ühise kooskõlastatud arengu käigus (Brundrett, 2009). Erinevalt parasiidsetest organismidest ei põhjusta mükoriisne sümbioos taimedele mingeid haiguslikke ilminguid, vaid on taime jaoks loomulik seisund (Smith ja Read, 2008).

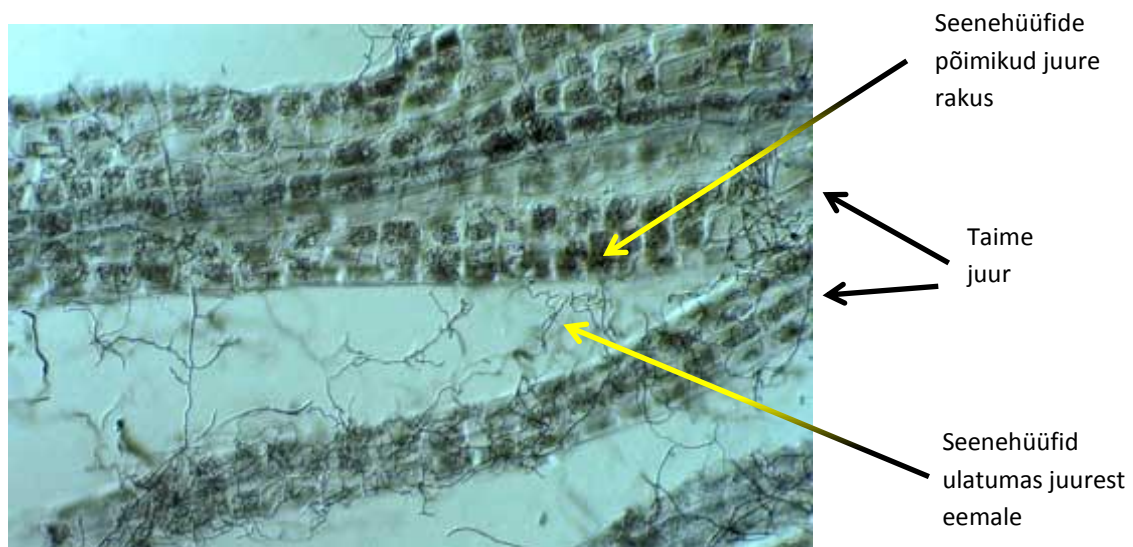
Mükoriisa koosneb kolmest komponendist: taimejuur, juurega seotud seene struktuurid, seene juureväline mütseel mullas. Viimane neist võib olla väga laiaulatuslik (Smith ja Read, 2008). Mükoriisa on peamine organ väga paljude maismaataimede mineraalainete hankimisel.

Taimekoosluste seisukohalt oluline, kuid sellest hoolimata vähe uuritud mükoriisatüüp on erikoidne mükoriisa (ERM) (Cairney, 2000). Tegu on endomükoriisaga, sest seened häävuvad ka taime juure rakkudesse moodustades seal tihedaid häävude põimikuid (joonis 5). Erikoidne mükoriisa on oma nime saanud selle tõttu, et sümbioosi autotroofseks partneriks on taimed kanarbikuliste (*Ericaceae*) sugukonnast. Seda tüüpi mükoriiset sümbioosi arvatakse olevat kolmest vaadeldavast mükoriistüübist kõige noorem, olles tekkinud umbes 100 miljonit aastat tagasi. Kõige laiemalt levinud mükoriisatüüp maismaataimedel on arbuskulaarne mükoriisa (AM). Ühtlasi on AM teadaolevalt ka kõige vanem seenjuuretüüp maismaal (Bonfante ja Genre, 2008). Teiseks peamiseks mükoriisatüübiks, mis mängib olulist rolli taimekooslustes, on ektomükoriisa (EKM). Tema vanuseks arvatakse olevat umbes 130-135 miljonit aastat (Wang ja Qiu, 2006; Smith ja Read, 2008).

Selline uus spetsiifiline mükoriisa sai ilmselt alguse samal ajal taimede sklerofüllia (lehed jäigad) tekkega ja vastusena väga toitainetevaeste muldade kujunemisele (Cairney, 2000). Sklerofüütide lehed on väikesed ja tugevad ning kudedes on palju ligniini ja tselluloosi, kuid vähe lämmastikku ja fosforit. Selliste taimede lehevars on mikroobsele kõdunemisele väga vastupidav ning selleks, et taimed saaksid neist toitaineid kätte on vaja spetsiifiliste saprotroofsete seente osalust.

Erikoidsetel taimedel, mis moodustavad ERM-i, on pikad peened õrnad juured, mille läbimõõt võib olla vaid kuni 100 mikromeetrit (Read, 1996). Juure moodustavad juhtkoed ning nende ümber vaid paar kihti rakke, millest välimise kihi epidermi rakud on suurenenud. Kuna juured on nii peened, pole neil ka juurekarvu, mis enamike teiste taimede puhul on tavaline. Kui seenehüüf jõuab sobiva peremeestaimeni, siis siseneb ta kohe juure epidermirakku.

Erikoidne mükoriisa on välja kujunenud kolmes taimesugukonnas: *Ericaceae* (kanarbikulised), *Empetraceae* (kukemarjalised) ja *Epacridaceae* (rööpkanarbikulised) (Finlay, 2008). Kõik need kuuluvad seltsi *Ericales* (kanarbikulaadsed). Need taimed kasvavad peamiselt kääbuspõõsastena. Erikoidset mükoriisat moodustavad ligikaudu 3400 taimeliiki koos erinevate mikroseentega hõimkonnast *Ascomycota* (kottseened). Taimeliike, mis oleks võimelised moodustama erikoidset mükoriisat, on küllaltki vähe (Brundrett, 2009). Vaid umbes 1% õistaimedest on suutelised sellist mükoriisset sümbioosi moodustama.



Joonis 5. Erikoidne mükoriisa männas-habekarabikul *Leucopogon verticillatus* (Brundrerr, 2008)

Tabel 1. Erinevatel mustikaliikidel leitud sümbiontsed mikroseed.

Mustikaliik	Sümbiontsed mikroseed
<i>Vaccinium angustifolium</i>	<i>Oidiodendron griseum</i> (Dalpé, 1986) <i>O. cerealis</i> (Dalpé, 1986) <i>O. rhodogenum</i> (Dalpé, 1986)
<i>V. corymbosum</i>	<i>Glomeromycota phylum</i> (Johnson, 2012)
<i>V. myrtillus</i>	<i>Hymenoscyphus ericae</i> (Souto jt, 2000)

2.3 Mustikate nõuded mullakeskkonnale

Kuna mustikal on peened ja õrnad juured, siis ta ei suuda läbi tungida raske lõimisega ja tihedast mullast (Gough ja Poling, 1996). Mustikas kasvab kõige paremini kergel, huumusrikkal, hästi õhustatud, kõrge orgaanilise aine sisaldusega, niiskel, happelisel ja soojal mullal (Gough ja Poling, 1996; Moore, 1993). Heaks pinnaseks võib mustikal pidada kohta, kus tema lähedal kasvavad männid ja vahtrad (Gough ja Poling, 1996). Mustika taimi ei tohiks istutada mulda, kus põhjavee tase on alla 0,5m (Gough ja Poling, 1996).

Neil muldadel, mille huumusesisaldus on madal, soovitatakse mustikate kasvatamisel kasutada multšimiseks saepuru, turvast või puukoort, et tõsta mulla huumusesisaldust (Moore, 1993).

Mulla pH

Mustikad erinevad puuviljakultuuridest, kuna neil on erinevad nõuded mullale ja toitainetele (Kuepper ja Diver, 2004). Nagu *Rhododendron*’i perekonna liikmedki, vajavad ka mustikad happelist pinnast, eelistatavalt pH vahemikku 4,8-5,5 (Caroll jt, 2012; Kuepper ja Driver, 2004). Kui orgaanilise aine sisaldus mullas on piisavalt suur, siis mustikas talub pH-d, mis jääb vahemikku 3,8-5,5 (Caroll jt, 2012). Et vältida toitainete puudujääki mullas, on vajalik madal mulla pH tase. Kui mulla pH on suurem kui 5,5, siis on selle tulemuseks raua puudulikkusest tingitud kloroos, kus taime lehed muutuvad kollaseks (Gough ja Poling, 1996; Kuepper ja Driver, 2004). Orgaanilise materjali lagunemisest moodustub rohkesti anmmooniiumkatioone võrreldes nitraatioonidega ning seega muutuvad toitumistingimused mustikale soodsamaks. (Gough ja Poling, 1996). Kui pH langeb madalamale kui 4,0, siis see võimaldab taimel omastada alumiiniumi ja mangaani. Kui mustika taimi kasvatatakse kõrge pH tasemega pinnases, siis selle tagajärjel muutuvad noorte võrsete lehed üleni kollaseks või säilib roheline värv vaid leheroodude läheduses (Hart jt, 2006). Lehed on väikesed ja sageli

need kuivavad ning võivad enne kasvuperioodi lõppu maha variseda. Kogu taime kasv jääb kängu ja taim sureb.

Sõltuvalt mustika liigist on mulla pH osas mõningaid erinevusi. Soovitatav pH kannasmustika tootmiseks on 4,5-5,5, silmmustika jaoks on see 4,2-5,0 (Hart jt, 2006). Mustika istutamisel võiks kasutada pH taluvuse ülemist piiri, kuna lämmastikuga väetades mulla pH aja jooksul väheneb. Seega istutusaegne sobiv mulla pH kannasmustikale võiks olla pH=5,5 ja silmmustikale veidi madalam pH=5,0. Sobiva happesuse saavutamiseks lisatakse mullale enne taimede istutamist elementaarväävlit. Seda preparaati saab kasutada üks kord, enne istutust, või lisada seda väikestes kogustes ka edaspidi. Kumbki meetod ei ole teisest parem. Kui jagada väävlit kogus osadeks, siis see on ettevaatlikum lähenemine võrreldes suure koguse kasutamisega. Kõige kiirema efekti mulla happelisuse tõstmiseks annab peeneks jahvatatud väävlipulber. Siiski tuleb arvestada, et väävli toimima hakkamine võtab mullas aega, seepärast on sageli soovitatud väävlit kasutada vähemalt 6 kuud enne taimede istutamist. Väävlipulber on efektiivne vahend mulla pH vähendamiseks mustikate puhul (Carroll jt, 2012). Kasutades jahvatatud väävlit, see oksüdeerub umbes aasta jooksul ja suurendab seeläbi mulla happesust (Kuepper ja Diver, 2004). Mikrogranuleeritud väävel võtab mõnevõrra kauem aega. Lisatava väävli kogus sõltub pinnase tüübist, katioonide neelamismahutavusest ja pH- st. Kasutada ei tohiks rohkem kui 452,5 kg/ha aastas, soovitatav oleks jaotada seda sügisel ja kevadel. Mustikakasvatases on osutunudki kõige levinumaks meetodiks mulla pH vähendamiseks väävli kasutamine (Kuepper ja Diver, 2004). Seoses mulla lõimisega on teada, et liivane pinnas vajab suhteliselt vähe väävlit, kuid liivsavi ja savilõimisega muld võib nõuda nii palju väävlit, et see ei pruugi olla majanduslikult otstarbekas (Pritts ja Hancock, 1992). Väävel oksüdeerub ja vähendab mulla pH-d umbes ühe aasta jooksul. Jahvatatud väävel toimib kiiremini kui tablett, kuid see on kallim ja ebameeldiv kasutada. Kuna mulla pH on küllaltki muutuv näitaja, siis tuleb seda näitajat pidevalt jälgida mustikate kasvatamisel (Kuepper ja Diver, 2004). Selleks võetakse mullaproovid ja on soovitatav neid võtta kas hilissügisel või väga vara kevadel, kui bioloogiline aktiivsus mullas on madal.

Kui mulla pH pole mustikate kasvatamiseks sobiv, siis enne taimede istutamist tuleks mulla pH-d reguleerida vastavalt vajadusele (Gough ja Poling, 1996). Kasutada tuleks ühte

pinnase hapestajat, kuid ei tohiks kasutada alumiiniumsulfaati. Kuna see ei lisa pinnasesse olulisi toitaineid taime jaoks ning põhjustab hoopiski alumiiniumi mürgisust mustikal. Väetades ammooniumsulfaadiga hakkab aja jooksul muld hapestuma, kuid see on aeglane protsess. Lisades turbasammalt pinnasesse, muudab ka see mulla happelisemaks, ent selleks kulub aastaid. Kui aga mulla pH on liiga madal, võib olla vajadus mulda muuta leelisemaks ning selleks on kasutatud lubjakivi jahu (Kuepper ja Diver, 2004). Lubjakivi, mida kasutatakse pH suurendamiseks, vajab mitmeid kuid või isegi aastat, et ilmneks mingeid muutusi pH-s.

Kanarbikulised taimed võivad kasvada ja areneda mullal, millel on madal pH tase, kõrge orgaanilise aine sisaldus, mis sisaldab fenoolseid ühendeid ning on madala NO^3 ja kaltsiumi sisaldusega (Straker, 1996). Samas tuleb märkida, et selliseid mullastiku tingimusi vajavad oma eluks ka erikoidse mükoriisa seened, et aidata oma sümbioosis oleval partneril areneda elujõuliseks taimeks (Read, 1996).

Lõimis

Mustika taimed kasvavad kõige paremini liivsavi või saviliiv mullas (Puls Jr., 2013). Mustika taimedel on peenikesed juured, mistõttu nad vajavad õhustatud ja poorset pinnast. Need juured ei saa tungida läbi tiheda ja raske savise pinnase. Mustikad kasvavad kõige paremini liivsavisel pinnasel, kus orgaanilise aine sisaldus on suurem kui 3,0% (Pritts ja Hancock, 1992). Orgaaniline aine aitab parandada juurte tungimist läbi mulla struktuuri ja aitab säilitada mulla niiskust ja toitaineid. Mustikale on ideaalne pinnas, kus mulla lõimiseks on liivsavi ja orgaanilise aine rikka horisondi paksus on 10-20cm (Puls Jr., 2013). Kerge lõimisega muldades on sageli orgaanilise aine sisaldus madal ning seepärast ka taimele kättesaadavaid toitaineid jääb väheks (Pritts ja Hancock, 1992). Seetõttu soovitatakse kasutada orgaanilisi multše, sest see aitab parandada mullaolusid. Kännasmustika kasvatamisel ongi selliste multšide rakendamine kerge lõimisega mineraalmuldadel laialt levinud. Kasvatades mustikaid nõrgalt happelisel mullal, võib see tuua endaga kaasa toitainete defitsiidi, eriti raua osas. Mustika taimed ja nendega seotud endomükoriisa seened saavad pinnasest ise tõhusalt kätte fosforit ja kaaliumi, mis võimaldab neil kasvada ka toitainevaestel, kerge lõimisega muldadel. Sageli on liivasel pinnasel madal pH, sest nad ei suuda säilitada

põhilisi katioone (kaltsium, kaalium, magneesium), mis suurendavad pinnase aluselisust (Pritts ja Hancock, 1992). Sügav liiv ja muud mullad, mis on madala viljakusega ja madala vee-mahutavusega, siis neid muldi tuleb mustikate kasvatamisel veidi kohandada (Puls Jr., 2013). Kuid neid saab kasutada, kui neid muldi korralikult väetada, töödelda orgaanilise ainega ja anda piisavas koguses kvaliteetset niisutusvett. Üldiselt, kui liivmuldade sügavus on üle 60 cm, siis selline muld on kvaliteetsete mustikate kasvatamiseks liiga kuiv, isegi siis, kui esineb rohkesti sademeid.

Savistel pinnastel on tavaliselt kehv sisemine vee äravoolu võime, mistõttu need ei ole mustika kasvatamiseks sobilikud (Pritts ja Hancock, 1992). Sellised mullad on sageli liigniisked ja taime juurtel ning neil elavatel mükoriisaseentel võib tekkida hapnikupuudus. Kui mullas oleva savi ja aleuriidi sisaldus on suurem kui 20%, siis see ei ole enam soodne pinnas mustika kasvatamiseks.

Madalsoo muldadel, mille orgaanilise aine sisaldus on 20-50%, sobivad mustikale, kuna neil on vastuvõetav mulla pH (Pritts ja Hancock, 1992). Probleemne on aga see, et sellised mullad on tundlikud ilmastikumõjudele, need soojenevad kevadel aeglasemalt ja liigne lämmastik vabaneb sügisel ning esineb madal tsingi, vase ja raua tase.

3. Erinevate keemiliste elementide tähtsus mustika taime füsioloogilistes protsessides

Mustika taimed saavad keemilisi elemente kätte õhust, veest ja mullast, et tagada piisav vegetatiivne kasv ja viljade moodustamine (Hart jt, 2006). Kui nende elementide tase taimes ei ole piisav, siis see mõjutab kogu ainevahetust ning lõppkokkuvõttes ka taime kasvu ja saagikust.

Taimed vajavad palju erinevaid toitaineid oma kasvuks ja arenguks. Tabel 2. on ära toodud 3 erineva mustika liigi toitelementide sisaldus lehtedes. Sõltuvalt elemendi sisaldusest taimes on mustikate puhul kasutatud klassifikatsiooni, kus primaarseteks ehk esmatähtsateks makroelementideks loetakse lämmastikku (N), fosforit (P) ja kaaliumi (K) (Krewer ja NeSmith, 2001; Yadong jt, 2009). Lämmastikku, fosforit ja kaaliumit kasutab taim suuremates kogustes ning neid elemente tuleb sagedasti juurde anda väetistega (Puls Jr., 2013). Sekundaarseteks makroelementideks on kaltsium (Ca) ja magneesium (Mg) (Krewer ja NeSmith, 2001; Yadong jt, 2009). Neid kasutab taim suurtes kogustes, kuid vähem kui eelnimetatud ning tavaliselt on nõudlus väetistega juurde andmise osas perioodiline (Puls Jr., 2013). Kõiki ülejäänuid nimetatakse mikroelementideks (Krewer ja NeSmith, 2001; Yadong jt, 2009). Mikrotoitaineid nagu boori, rauda, molübdeeni, vaske, mangaani, tsinki ja kloori kasutab taim väikestes kogustes. Enamikud mullad sisaldavad juba piisavas koguses mikrotoitaineid, neid lisatakse juurde ainult vajadusel. Mõnede toitainete nagu boori, vase, mangaani ja naatriumi sisaldus võib teatud muldades olla väga kõrge ja see mõjub taimele kahjulikult (Puls Jr., 2013). Fosfor aitab kaasa ainevahetustele (Krewer ja NeSmith, 2001; Yadong jt, 2009).

Primaarsed makroelemendid

Lämmastik (N)

Lämmastiku sisaldus on peamine tegur, mis mõjutab taimede kasvu ja saagikust, samuti viljade kvaliteeti (Lu, 2003). Lämmastiku puudus esineb sageli siis, kui väetis leostatakse mullast välja, mis on tingitud liigsest vihmast või niisutamisest (Krewer ja NeSmith, 2001). Lämmastiku puudusest tingitud sümptomid on (Joonis 6.) sellised, et lehed pole enam lopsakad, lehtede kasv on aeglustunud, saagikus väheneb, lehed hakkavad varasügisel värvuma ja langema, väheneb uute kasvude moodustumine, uued võrsed on lühemad ja lehed on klorootilised (Pritts ja Hancock, 1992; Road, 2013). Heleroheliseks värvunud lehed muutuvad kiiresti kollaseks või punaseks ja seejärel lehed kiiresti surevad (Gough ja Poling, 1996; Pritts ja Hancock, 1992). Lämmastiku puuduse korral on mustikalehe pind üleni klorootiline ja ei eristu kindlaid laiike ja mustreid (Pritts ja Hancock, 1992). Esmalt muutuvad kahvatuks vanemad, alumised lehed.

Lämmastiku liigsusest tingitud häired: liiga tugev vegetatiivne kasv, viljade aeglane areng, suured ja tumerohelised lehed, ebatavaliselt pikad ja kergesti lamanduvad varred (Road, 2013). Väheneb taime vastupanuvõime haigustele ja kahjuritele.

Noored mustika taimed hukkuvad sageli lämmastikuga üleväetamise tagajärjel või kui kasutatakse valesid väetiseid, kuna mustikad on soolade suhtes tundlikud (Krewer ja NeSmith, 2001). See juhtub tavaliselt niisutamata tingimuste juures. Mustikad on suhteliselt madala lämmastiku nõudlusega (Kuepper ja Diver, 2004), kuid tänu pinnapealsele juurestikule suudavad taimed neelata kiiresti lämmastikku, mida väetistega antakse (Road, 2013). Mulla pH mängib olulist rolli lämmastiku juhtimisel taimesse (Kuepper ja Diver, 2004). Uuringud on näidanud, et mustikad eelistavad lämmastikku ammooniumi kujul (NH_4^+), kuna see neeldub paremini ja seda kasutab taim palju tõhusamalt kui nitraatlämmastiku (NO_3^-). Neutraalne pinnas ja kõrge pH soodustab nitrifikatsiooni protsessi, mille käigus mikroorganismide kaasabil moodustub rohkesti nitraatanioone. Happelisel mullal on aga ülekaalus lämmastik ammooniumina, mis on mustikale hõlpsasti kättesaadav.

Mustikad ja nende sugulastaimed nagu jõhvikad ja pohlad on mõnevõrra unikaalse N nõudlusega (Road, 2013). Nad ei ole võimelised tõhusalt kasutama lämmastikku nitraatvormis - NO_3^- , kuna nad on kasvanud ja arenenud sellises mullastikus, kus looduslik pinnas ei sisalda olulisel määral NO_3^- ja nad sõltuvad rohkem ammooniumlämmastikust - NH_4^+ . Väetis, mis sisaldab ainult nitraate, nagu näiteks kaltsiumnitraat, võib põhjustada taimele stressi ja vähendada kasvu (Hart jt, 2006). Seetõttu tuleks selliste väetiste kasutamist vältida. Mustikad on vastuvõtlikumad väetiste suhtes, mis sisaldavad karbamiidi ja aeglase vabanemisega lämmastikühendeid (Krewer ja NeSmith, 2001). Karbamiid on hea väetis mustikale, kuna teisendab pinnases kiiresti ammooniumvormi. Kasutada saab karbamiidi või karbamiidi segu koos väikese koguse ammooniumsulfaadiga (Road, 2013). Nende väetiste kasutamist tuleks aga vältida juulis, sest see stimuleerib hilist kasvu, mis omakorda võib põhjustada talvekahjustusi.

Seoses mulla orgaanilise aine sisaldusega tuleb meeles pidada, et iga 1% orgaanilise ainega vabaneb aastas mullast umbes 15 kilo lämmastikku (Lu, 2003). Kui mullad on kõrge orgaanilise aine sisaldusega (4-6%), siis võib mullast saada märkimisväärse koguse lämmastikku ja teistes tingimustes annavad suure taime kasvujõu (eriti täiskasvanud silmmustikale), vaja võib minna ka natuke lisälämmastikku.

Lämmastik on struktuurne element mitmetes olulistes taime osades ja ühendites (Road, 2013). See on ka tähtis element nukleiinhapete, valkude ja klorofüll moodustamisel (Krewer ja NeSmith, 2001).



N Sufficient

N Deficient

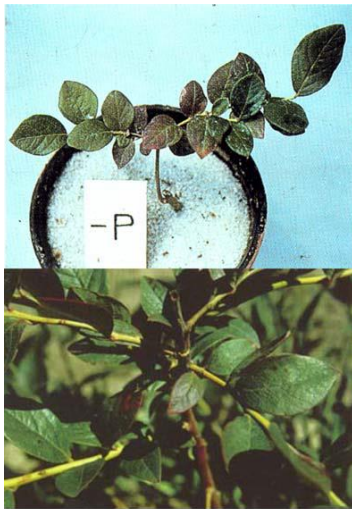
Joonis 6. Lämmastiku liigsus ja puudulikkus mustikal (Road, 2013).

Fosfor (P)

Fosfori puudulikkust taimel (joonis 7) näitab see, et taimed jäävad kängu ja väikesed lehed muutuvad tume lillakas-roheliseks (Hart jt, 2006). Fosfori puudulikkus esineb üldiselt noorematel lehtedel (Pritts ja Hancock, 1992). Taimede lehed on kevaditi sageli lillakat värvi, kuna temperatuur on jahe ja muld on märg. See näitab, et taimel on ajutine fosfori puudus. Tingimused paranevad, kui pinnas soojeneb. Fosfori liigsus on harva esinev. Fosforväetiste kasutamine on õigustatud, kui taime fosfori sisaldus ja mulla fosfori tase on madal.

Fosfor osaleb aminohapete, nukleiinhapete ja valkude struktuuri moodustamisel (Road, 2013). Aminohapped on valkude ehitusosised ning valgud on taime ainevahetuse alustalaks. Ilma nukleiinhappeta taimerakud ei saa areneda ja paljuneda. Fosfor mängib olulist rolli energia salvestamisel ja ülekandmisel taime rakus. Fotosünteesi käigus toodab taim suhkruid ja hingamisel toimub lagundamine ning suhkrumolekulist vabaneb energia. Kui energia tase on madal, siis on kõik taimes olevad ainevahetusprotsessid häiritud. Öitsemine ja paljunemine nõuab taimelt suurt energiakulu, rääkimata DNA vajadusest seemnetele ja viljade valmimisel pärast viljastumist. Samuti on fosfor kasulik, kuna see aitab kaasa juurdumisele, viljade kvaliteedile ja õigeaegsele valmimisele, õiepungade arengule ja seemnete idanemisele, rikkalikule öitsemisele. Fosfor on oluline element, mis on hea juurte kasvule ning energia ülekandeks taimes.

Fosfori puudust esineb sagedasti paljudes mustikaistandike muldades (Krewer ja NeSmith 2001). Madal taimele kättesaadava fosfori sisaldus mullas võib olla tingitud sellest, et pinnas on väga happeline või see on liivasel pinnasel välja leostunud. Mustika istikute ettekasvatamisel oleks kasulik lisada fosforit. Et suurendada fosfori taset mullas 0,4kg võrra, tuleks võtta 3,6 kilogrammi fosfaati.



**P Deficient
Blueberries**

Joonis 7. Fosfori puudus mustikal (Road, 2013).

Kaalium (K)

Kaaliumi puudus on mustikate puhul suhteliselt haruldane (Hart jt, 2006). Kaaliumi puudulikkusega taimedel ilmnevad mitmed sümptomid (joonis 8) nagu lehetippude kärbumine ja keerdu tõmbumine, võrsetippude hukkumine (liivasel pinnasel), leheservade kõrbumine, ning esineb nekrootilisi laike (Hart jt, 2006; Pritts ja Hancock, 1992). Kaaliumi liigsus aga avaldub lehtedel olevate pruunide laikudena ja heledamaks muutunud lehtedena, samuti kiireneb viljade valmimine ja selle tagajärjel jäävad viljad väikeseks (Road, 2013). Madal kaaliumi tase lehtedes võib olla tingitud halvast drenaažist, põuast või väga happelisest pinnasest (Hart jt, 2006).

Saagikust mõjutab tugevasti kaaliumi tase lehtedes (Hart jt, 2006). Kaaliumi sisaldus marjas suureneb vilja valmides, isegi enam kui 60 mg. Kaalium parandab viljade kvaliteeti ja aitab taimel taluda stressirohket keskkonda (Lu, 2003).

Kaalium on oluline element fotosünteesiks ja veesisalduse reguleerimiseks taimes (Krewer ja NeSmith, 2001). Üldjuhul oleks vajalik kaaliumväetisi kasutada 1-2 korda aastas. Kuna mustikad ei talu kõrget kloriidi sisaldust, siis ei tohiks kasutada suurtes kogustes kaaliumkloriidi (Krewer ja Ruter, 2012). Väiksemates kogustes saab kaaliumkloriidi siiski

kasutada hooldusväetisena, sealjuures kloriid leostub mulla pindmisest kihis sügavamale sademe- või kastmisveega.

Piisavas koguses kaaliumi saab mustikas sageli laguneva multši kaudu (Kuepper ja Diver, 2004). Edasine vajadus tuleks täiendavalt kindlaks määrata mullastiku-ja /või taime testidega. Kui kaaliumi täiendav lisamine on vajalik, siis tuleb kasutada mineraalväetisi.

Kaalium on vajalik erinevates metapoolsetes protsessides ja füsioloogilistes funktsioonides (Road, 2013). Eriti vajalik on see mitmete taime eluks vajalike toitainete sünteesiks, aidates kaasa süsivesikute tootmisele, transpordile ja ladustamisele. Tähtis on ta koos kaltsiumi ja booriga, kuna soodustab rakukestade moodustumist, samuti juhib taime raku turgori, õhulõhede avamist ja sulgemist, aitab vastu pidada põuaperioodile. Kaalium mõjutab viljade kvaliteeti (maitset ja värvi), parandab taimede võimet võidelda haiguste, putukate ja nematoodide kahjustustega, tugevdab kudesid ning on vajalik seemnete idanemiseks.



**K Deficient
Blueberries**

Joonis 8. Kaaliumi puudus mustikal (Road, 2013).

Sekundaarsed makroelemendid

Kaltsium (Ca)

Kaltsiumi puudulikkuse sümptomid ei ole kergesti äratuntavad ja on harva esinevad (Puls Jr., 2013; Pritts ja Hancock, 1992). Noorte lehtede ja vähemal määral ka vanemate lehtede ääred muutuvad kollaseks või nekrootiliseks (joonis 9). Kaltsium ei ole mullas ja taime kudedes väga liikuv, seetõttu tuleks selle sisaldust pidevalt jälgida (Road, 2013). Liigne kaltsium tõstab mulla pH ja põhjustab raua toksilisust (Pritts ja Hancock, 1992).

Mustika taimed on madala kaltsiumi nõudlusega ja liigne kaltsium võib viia rauapuudusele (Krewer ja NeSmith, 2001). Kännasmustika kasvupinna mulda soovitatakse lubjata, kui mulla pH on väiksem kui 3,6. Lupjamise määra ei tohiks ületada isegi, kui mulla pH on väiksem kui 3,6.

Mustikataimede kaltsiumi kontsentratsioon on tavaliselt 0,41-0,8% (Hart jt, 2006). Siiski esineb mustikatel harva kaltsiumi puudust. Kaltsiumi puudus võib tekkida lehtedel. Kõrge kaltsiumi tase lehtedes võib viidata kõrgele kaltsiumi sisaldusele mullas või suurele koormusele taimedel. Madal kaltsiumi sisaldus lehtedes võib esineda siis, kui on kaltsiumiga üle väetatud või kui taimed kasvavad jõudsalt. Samuti võib see olla tingitud mulla madalast pH-st.

Kui taim vajab magneesiumi, siis tuleks see asendada dolomiidi ja lubjakiviga (Ca + Mg) (Hart jt, 2006). Kui aga on kaltsiumi vaja ja pH on suurem kui 5,0, siis tuleks kasutada 0,5-1 tonni kipsi. Kasutada tuleks neid sügisel, et nad saaksid mullaga reageerida enne kasvuperioodi algust, kuigi kaltsiumväetisi on mustika puhul harva vaja (Krewer ja Ruter, 2012).

Kui mustikaistandikes kasutatakse kunstlikku niisutamist ning kastmisvesi on väga leeliseline, siis tuleks taimede väetamiseks rakendada madala kaltsiumsisaldusega väetisi, et vältida kaltsiumi liigsisaldust mullas (Krewer ja Ruter, 2012).

Kaltsiumi positiivsed küljed seisnevad selles, et see aitab kaasa rakkude jagunemisele ja pikenemisele, rakukesta normaalsele arengule, nitraatide omastamisele ja metabolismile, ensüümide aktiivsusele ning tähtlase ainevahetusele (Road, 2013).



Ca Deficient Blueberry

Joonis 9. Kaltsiumi puudus mustikal (Road, 2013).

Magneesium (Mg)

Magneesium on mullas mitmete mineraalide koostises (Road, 2013). See on mullas kergesti lahustuv ja taim kasutab seda ioonide kujul - Mg^{+2} . Magneesiumi puudus on mustikatel levinud (Krewer ja NeSmith, 2001; Puls Jr., 2013). Kõige sagedamini esineb see vanematel alumistel lehtedel, kus neil ilmnevad mosaiiksus või triibud ning lehe alumine pool muutub punaseks (joonis 10) (Puls Jr., 2013; Road, 2013). Paljudel juhtudel muutuvad kahjustatud lehed üleni kollaseks või oliivroheliseks (Gough ja Poling, 1996). Sümptomid ilmuvad tavaliselt viljade valmimise ajal, puudust esineb sagedamini liivasel pinnasel (Gough ja Poling, 1996; Puls Jr., 2013).

Magneesiumi tase lehtedes jääb vahemikku 0,13 kuni 0,25% (Hart jt, 2006). Kuid tabel 2 on ära toodud 3 erineva mustika liigiline magneesiumi tase lehtedes ja seal on näha kui erinevad on magneesiumi tase erinevatel liikidel. Liigne magneesiumi sisaldus lehtedes võib

viidata kõrgele mulla pH-le. Kui taim vajab magneesiumi ning pH on suurem kui 5,0, siis väetatakse magneesiumsulfaadiga või kaaliumkloriidmagneesiumiga (21% K, 11% S, 10% Mg). Kui pH on alla 4,0 ja on vajalik lisada magneesiumi, siis kasutatakse 0,5 tonn dolomiitlupja/ ha. Kasutada tuleks seda sügisel ja protseduuri korratakse iga kolme aasta tagant (Gough ja Poling, 1996; Hart jt, 2006). Kaltsium ja magneesium on elemendid, mis peaksid olema omavahel tasakaalus (Krewer ja NeSmith, 2001). Tavaliselt on suhe 3,6- 4,5kg kaltsiumi 1kilo magneesiumi kohta mullas. Kui kaltsiumi sisaldus mullas on liiga suur, siis see võib tekitada magneesiumi puudust.

Magneesium aitab tähtselt ümber paikneda, siduda liblikõielistel lämmastikku, suurendab raua kasutamist (Road, 2013). See soodustab taimes suhkrute ja rasvaade sünteesi, aitab kontrollida toitainete omastamist ning on tähtis toitainete assimilatsiooni protsessis. Magneesium on keskne element klorofüllü molekulis, toimib ensüümi aktivatorina ja on üheks komponendiks paljudele ensüümidele.



Mg Deficient Blueberry

Joonis 10. Magneesiumi puudus mustikal (Road, 2013).

Mikroelemendid

Mangaan (Mn)

Mangaani puuduse sümptomid ilmnevad kõigepealt noorematel lehtedel (Road, 2013). Kõige sagedasem ilming, mis taimedel esineb, on kloroos (joonis 11). Sümptomid võivad süveneda taime lehtedes, mis muutuvad pruuniks, neile tekivad kollased võõdid, kogu taime kolletub ning hiljem võib esineda taimel enneaegset kuivamist. Mangaani puuduse sümptomid sarnanevad sageli rauadefitsiidiga.

Mangaan osaleb süsinikdioksiidi sidumisel ning fütosünteesi käigus toimival elektronide transpordil (Road, 2013). See element aitab kaasa klorofüllil, ribofaviini, askorbiinhape ja karoteeni sünteesile ja nitraatide omastamisele, ning aktiveerib rasvade moodustamisel osalevaid ensüüme.

Mangaani kontsentratsioon lehtedes on tavaliselt vahemikus 30 kuni 350ppm (Hart jt, 2006). Tabel 2 on ära toodud 3erinevamustika liigi mangaani vahemik. Taimedes mangaani tase suureneb, kui mulla pH väheneb, seega võib ka mustikataime lehtede mangaani sisalduse järgi otsustada, kas mulla pH taset on vaja muuta. Kui mustika kudedes on mangaani üle 450ppm, loetakse seda liigseks ning see viitab mulla pH vähenemisele ja vajadusele lubjata. Mõned mustikaliigid kasvavad normaalselt ka siis, kui mangaani kontsentratsioon on 650ppm, näiteks ahtalehise mustika puhul võib see tõusta 4000ppm, kuid see ei mõjuta taimede kasvu. Madala mulla pH juures võivad fungitsiidid ja lehtede teised mikroelemendid soodustada kõrge (üle 450ppm) mangaani sisalduse taimekudedes.



Mn Toxicity Symptoms in Blueberry

Joonis 11. Mangaani toksilus mustikal (Road, 2013).

Väävel (S)

Väävli defitsiidi sümptomid sarnanevad suures osas lämmastiku defitsiidile (Puls Jr., 2013), kuid väävli puhul muutuvad lehed üleni kahvatukollaseks, taime kasv on kidur ja viljad valmivad hilja. Puudusnähud avalduvad esimesena noorematel lehtedel (joonis 12). Vanemad lehed jäävad tavaliselt roheliseks. Väävli defitsiit on kõige levinum happelises, liivasel pinnases, ja mustikakasvatustes pole see tavaliseks probleemiks. Väävli kasutatakse tihti, et vähendada mulla pH-d (Pritts ja Hancock, 1992).

Väävel on taimel struktuurelement valkudele ja peptiididele, soodustab klorofüllide tootmist, struktureerib erinevaid ensüüme ning mõjutab saagi kvaliteeti, sealhulgas maitset (Road, 2013).

Enamik taimede poolt kasutatavast väävlist on pärit mullas olevast orgaanilisest aineist, mis on koondunud mulla pinnale või künnikihti (Road, 2013). Puhtal kujul ei ole väävel kultuurile kättesaadav. Väävel tuleb muundada ümber sulfaadiks (SO_4^{2-}), mis on taimedele kättesaadav. Selline reaktsioon toimub tänu mulla mikroobidele, kus muld on soe, niiske ja hästi kuivendatud. Väävel sulfaadina on anioon (negatiivse laenguga) ning seetõttu on ta lahustuv.

Mustikataimedes väävli tase on vahemikus 0,11-0,16 % kogu taime massi kohta (Hart jt, 2006).



Sulfur Deficient Blueberry

Joonis 12. Väevli puudus mustikal (Road, 2013).

Boor (B)

Boori puudus avaldub selles, et võrsetipud känguvad (joonis 13), lehtedele ilmnevad klorootilised laigud, taime kasv pidurdub, lehed tõmbuvad rulli ning rakkude loomulik areng ei ole normaalne (Hart jt, 2006; Road, 2013). Lehtede ja vilja pungad ei suuda areneda. Boori puudulikkus võib endaga kaasa tuua talvekahjustusi, mis on taimele kahjulik ja selle tagajärjel võib taim hukkuda. Boor võib vähendada võrse tippude kahjustusi, mis tekivad külmade ilmadega (Fuqua jt, 2000).

Boor säilitab süsivesikute tasakaalu ja paiknemise taimes, mõjutab taime õitsemist ning on oluline tolmeldamisel ja seemnete moodustamisel (Road, 2013). See element on vajalik normaalseks rakkude jagunemiseks, lämmastiku ainevahetuseks ja valkude moodustumiseks. Samuti mängib see olulist rolli rakumembraani funktsioonis ja aitab kaasa kaaliumi transpordile taimes.



**Blueberry Tip Dieback
Due To B Deficiency**

Joonis 13. Boori puudus mustikal (Road, 2013)

Tsink (Zn)

Tsingi puuduse sümptomid sarnanevad raua ja mangaani puudulikkusele (Road, 2013). Siiski näeb tsingi kloroos teistsugune välja: kogu lehepind on üleni ühtlaselt kollane, noored lehed muudavad esmalt värvi, sõlmevahed on lühikesed ja lehed on väikesed (Hart jt, 2006; Pritts ja Hancock, 1992; Road, 2013). Tsingi puudusega võib kaasneda lehtede ebanormaalne areng ning need on ülespoole keerdunud (Hart jt, 2006). Sümptomid võivad tekkida juba vegetatsiooniperioodi alguses (Pritts ja Hancock, 1992). Liigse fosfori sümptomeid taimedel võib segamine ajada tsingi puudusega seotud sümptomitega (Hart jt, 2006). Tsingi puudus aga esineb tavaliselt siis, kui mulla pH on alla 6,0.

Tsink soodustab auksiini (oluline kasvuhormoon) sünteesi, aktiveerib valgusünteesi ensüüme ning osaleb suhkrute reguleerimises ja tarbimises (Road, 2013). See element on vajalik tärglise moodustamiseks ja juurte arenguks, mõjutab seemnete ja varte arenemist, on tähtis element valguainevahetusel ning vajalik klorofüllü moodustamiseks.

Vask (Cu)

Vase puuduse sümptomid avalduvad esmalt noortel lehtedel, kuhu ilmuvad kloroosi laigud, lehed deformeeruvad ja neile tekivad nekrootilised laigud ning raskematel juhtudel võivad noored võrsed hukkuda (Hart jt, 2006; Road, 2013). Taimed võivad närbuda ja see tuleneb sellest, et rakukestad on nõrgad ning see on põhjustatud vase puudusest. Vähendatud

seemne ja vilja saagikus on tingitud tolmuterade steriilsusest. Vask jaotub taimes ühtlaselt, kuid on suhteliselt liikumatu. Seega piisav vase kättesaadavus on vajalik kogu kasvuperioodi jooksul. Vase puudus võib esineda raskematel muldadel, kus orgaanilist ainet on rohkem kui 25% (Hart jt, 2006). Kuna vask on suurtes kogustes mürgine, siis tuleb seda kasutada väetamisel ettevaatlikult.

Vask toimib katalüsaatorina fotosünteesil ja hingamisel, on oluline süsivesikute ja valkude ainevahetuses, soodustab taime rakukesta ligniini sünteesi ning osaleb teistes taime assimilatsiooniprotsessides (Road, 2013). Vaske sisaldavad mitmed fungitsiidid, mis pärivad patogeenide kasvu. Vask on koostisosaks mitmetes ensüümides, mis osalevad aminohapetest valkude moodustamisel.

Raud (Fe)

Raua puudus on mustikate puhul sagedasti esinev (Pritts ja Hancock, 1992). Raua defitsiidist tulenevad sümptomid ilmnevad esimesena noortel lehtedel (joonis 14), kus ilmneb roodude vaheline kloroos (Puls Jr., 2013). Klorootilised laigud võivad oma värvi poolest varieeruda helekollasest kuni pronksini ja võivad ilmned lõpuks kõigil lehtedel, ka vanematel (Pritts ja Hancock, 1992; Puls Jr., 2013). Basaallehed on kidurad ja uued võrsed muutuvad kollaseks (Gough ja Poling, 1996). Mõnikord võib olla pidurdatud juurte ja lehtede kasv (Hart jt., 2006). Silmmustika taimed on vastuvõtlikumad rauapuuduse suhtes kui kännasmustika taimed (Gough ja Poling, 1996). Raua puudus on sageli tingitud kõrge mulla pH-st, mitte raua puudusest mullas. Raua puudus esineb sageli, kui mulla pH on üle 5,3 või kui kaltsiumi või fosfori tase on liiga kõrge (Krewer ja NeSmith, 2001). Taimedel, mida on kastetud aluselise veega, võib selle tegevuse tagajärjel ilmned ajutine rauapuudus ja seda eelkõige põuasel perioodil.

Raud on oluline klorofüllil moodustumisel ja funktsioonides, mängib olulist rolli taime energia ülekandes fotosünteesil, on seotud teatud ensüümide ja valkudega ning aitab kaasa lämmastiku omastamisele (Road, 2013). Raua ülesandeks on taimes ka hingamisprotsessi ainevahetuslikele biokeemilistele reaktsioonidele kaasaaitamine.



Fe Deficient Blueberry

Joonis 14. Raua puudus mustikal (Road, 2013).

Tabel 2. Toitelementide sisaldus erinevate mustikaliikide lehtedes.

Mustikaliik	Element										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	B	Fe	Cu	Zn
			%						ppm		
<i>Vaccinium angustifolium</i> (Eaton ja Fillmore, 2011)	1,60-2.00	0.13-0.22	0.40-0.90	0.27-0.52	0.13-0.25	-	750-149	24-60	50-100	7-14	25-50
<i>V. corymbosum</i> (Hanson ja Hancock, 1996; Hanson ja Hancock, 1986)	1.65-2.1	0.35-0.40	0.10-0.55	0.34-0.80	0.12-0.30	0.12-0.20	168-350	49-70	150-200	15- 20	20-30
<i>V. virgatum</i> (Hanson ja Hancock, 1996; Hanson ja Hancock, 1986)	1.20-1.70	0.08-0.17	0.28-0.60	0.24-0.70	0.14-0.20	-	25-100	12-35	25-70	2-10	10-25

4. Arutelu

Lisatoitainete vajadus ja väetustarve mustikate kasvatamisel peaks selguma mulla- ja taimeanalüüside alusel ja kasvataja kogemustele tuginedes (Hart jt, 2006). Väetiste, eelkõige mineraalväetiste kasutamine aitab küllaltki kiiresti leevendada kasvupinnases toitainete puudust, aidates sageli oluliselt kaasa põõsaste saagikusele ja vilja kvaliteedile. Samas suurendab väetiste rakendamine tehtavaid kulutusi marjade tootmiseks. Väetist antakse üldiselt varakevadel, kui algab juurte kasv, kuid mõnel juhul ka hiliskevadel, kui juurte kasv on oma aktiivsuse tipus (Pritts ja Hancock, 1992). Mustika väetamise üle on palju arutletud, kuna mustikad on looduslikult kohanenud kasvama sellistes piirkondades, kus on madal toitainete sisaldus mullas ja seega suudavad nad elada ka üllatavalt madala mulla viljakusega pinnal tänu mükoriisa seentele (Krewer ja NeSmith, 2001). Tootmistingimustes, kus eesmärgiks on kõrge saagikus, on siiski oluline väetamine. Kuna mustikad on samas soolade suhtes tundlikud taimed, siis on esmalt vajalik valida õige kasvupinnas ja jälgida hoolikalt väetiste mõju taimede ja ka mullale.

Mustikal on pinnalähedane juurestik ning seetõttu on mulla niiskus olude parandamiseks sageli kasutatud multši ja eelkõige looduslikke orgaanilisi materjale (Prodorutti jt, 2007). Multšimine tõstab ka orgaanilise ainese sisaldust mullas ja seeläbi suurendab taimede vajalike toitainete sisaldust (Albert jt, 2010; Moore, 1990; Prodorutti jt, 2007). Samuti stabiliseerib see mulla temperatuuri kõikumisi, parandab mineraalsete toitainete olemasolu ja säilitab või parandab mulla struktuuri (Libik ja Wojtaszek, 1973). Multšimise tulemusel jaotuvad taime juured ühtlaselt võrast väljapoole (Spiers, 1986). Kuigi silmmustikate juurestik on küllalt sügavale ulatuv, on siiski ka selle liigi kasvatamisel täheldatud, et taimed reageerivad positiivselt multšidele (Spiers, 1983). Samuti on leitud, et multšimine mõjutab silmmustikal juurte paiknemist ja niisutusvee levimist mullas (Patten jt, 1988a, 1988b, 1989). Teadusuuringutega on leitud, et multšimine suurendab poolkõrge mustika juurtel mükoriisaseente kolonisatsiooni (Starast jt, 2006). Multši kasutamine säilitab mulla pH-d stabiilsemana ja teatud juhtudel väldib ka mulla liigset hapestumist (Karp jt, 2006; Korcak, 1988). Eriti tuleb orgaanilist multši panna rohkem savisel pinnasel, vähemalt 10cm paksuse

kihina (Prodorutti jt, 2007). Selleks sobivaimad on puukoor, saepuru või taimelehed. Männikoore eeliseks on see, et see tagab parima õhustatuse mulla pindmises kihis (Perry, 2003). Kui kasutada värsket saepuru multšina, siis tuleks samuti täiendavalt anda lämmastikväetisi 50-100 % ulatuses, mis võib olla vajalik esimestel aastatel, et kompenseerida suurt mikroobide aktiivsust. Hästi komposteeritud saepuru nõuab täiendavat lämmastikku vähem.

Saepuru, männiokkad, põhk ja hein hoiavad väga hästi mullapinnas niiskust, suruvad alla umbrohukasvu, parandavad mulla struktuuri ja juurte kasvu, vähendavad mulla temperatuuri (Puls Jr., 2013). Kõik nimetatud näitajad avaldavad aga kaudselt mõju mustikataimede juurtoitumisele.

Enamik mustika taimi nõuavad lämmastikku igal aastal, samal ajal kui teisi toitained antakse ainult vastavalt vajadusele (Prodorutti jt, 2007). Mineraalväetistest eelistatakse mustikaistandikes lämmastiku allikana ammooniumsulfaati, eriti kui mulla pH on suhteliselt kõrge või pinnase pH tase tõuseb.

Orgaanilistest väetistest kasutatakse eelkõige loomasõnnikut, kuid mustikakasvatustes annab häid tulemusi ka kvaliteetne kompost erinevatest looduslikest materjalidest (Kuepper ja Diver, 2004). Sõltuvalt huumuse seisundist ja bioloogilisest aktiivsusest looduslikus mullas võib kompost pakkuda kõiki eluks vajalikke lisatoitaineid. Kui kompost ei sisalda rohkesti taimele vajalikke toitaineid, on see siiski heaks mullaomaduste (veesidumisvõime, õhustatus jne.) parandajaks.

Hariliku ebatsuga saepuru või selle komposti lisamine mullale enne taimede istutamist on üldkasutatav võte mustikaistandikes USA-s (Hart jt, 2006). Hiljutised uuringud on näidanud, et saepuru lisamine enne istutamist ei pruugi parandada taimede kasvu hästi kuivendatud liivsavi, saviliiva või liivsavi pinnasel. Orgaanilise materjali, näiteks saepuru lisamine võib soodustada kasvu raskematel muldadel. Saepuru puuduseks on aga vähene lämmastiku sisaldus. Mulla mikroobid saavad vajava lämmastiku saepuru lagunemisel ja nad on efektiivsemad lämmastikku kasutajad kui taimed. Seetõttu esineb mustikataimedel sagedasti lämmastiku puudust, kui mulda lisatakse saepuru ning lämmastikväetiste kasutamine on hädavajalik. Antud väetist tuleb lisada mõneti suurema normiga, sest osa lämmastikust kasutatakse mullamikroobide poolt ning nende hulk suureneb saepuru kasutades. Kui segada saepuru mullaga, siis on suurem tõenäolisus, et taimel ilmneb

lämmastikku puudus. Seedri, tamme või sarapuu saepuru kasutamist seostatakse sageli taimede stressiga, mis ilmneb klorootiliste lehtede ja kehva kasvuga.

Krewer ja Ruter (2012) on märkinud, et freesitud männikoore peene fraktsiooniline puru on suurepäraseks substraadilisandiks mustikatele. 40-45%-ne männikoore osakeste sisaldus kasvupinnases aitab säilitada vett, toitaineid ja tagab väga hea poorsuse substraadis. Männikooremassis sisaldub keskmiselt 20% suuri tahkeid osakesi, märkimisväärsel hulgal liiva ja see võib olla kasulik kooremassi pikaajalisel säilimisel. Sellega kaasnevalt on veemahutavus paranenud ja vee infiltratsiooni määr on vähenenud tänu liiva sisaldusele männikooremassis. Männikoor sisaldab rohkes koguses ligniini, mis on palju vastupidavam lagunemisele kui tselluloos (Krewer ja Ruter, 2012). Kiire orgaanilise aine lagunemine võib põhjustada mulla pinna kokkutõmbumist, mis omakorda vähendab mulla õhustatust. Männi saepuru on väga hea, kui seda segada vähese liivaga. Seeläbi saepuru laguneb ja liivane pinnas aitab mulda õhustada. Männikoore lagunemisprotsess on pikaldane.

Ka hobusesõnniku kasutamine võib osutuda problemaatiliseks, kuna mõned hobuse allapanud sisaldavad rohkesti lupja ja nende pH on üle 6,5. Sellepärast ei ole soovitatav kasutada sellist sõnnikut mustikate tootmisel, sest taimede kasv on oluliselt pärssitud. Loomasõnniku kohta on teada, et see sageli suurendab mulla pH-d (Perry, 2003). Seepärast soovitatakse lisada sõnnikule saepuru ja enne kui seda saab kasutada mustikaistandikus, peab kogu see materjal peab olema hästi komposteeritud.

Häid tulemusi mustikakasvatustes on saadud, aga näiteks komposteeritud reovee settemudaga kombineeritult kivisöe tuha ja lehtede komposti lisamisega kasvupinnasele (Black ja Zimmerman, 2002). Komposti lisamisega suureneb substraadi makroelementide hulk: N, P, K, Ca ja Mg. Mikroelementidest suureneb Fe, Cu ja Mn sisaldus (Perez- Murcia jt, 2006). Mulla rikastamine orgaaniline ainega on soovitatav ka mustikataimedega sümbioosis elavale mükoriisetele seentele, mis aitavad mustika juurtel omastada vett, lämmastikku, fosforit ja teisi elemente (Yang jt, 2002). Sealjuures on leitud, et haljasväetiste kasutamine enne istandiku rajamist mängib olulist rolli mulla orgaanilise aine ja taimedele kättesaadavate toitainete ringluses.

Multside kasutamisel võib olla aga ka negatiivseid tagajärgi. Orgaaniline multš võib sisaldada juuremädanikku tekitavaid patogeene ja soodustada haigustekitajate paljunemist

(Prodorutti jt, 2007). Näiteks on kännasmustika istandikes, kus kasutati multšina okaspuukoort, leitud külmaseent *Armillaria* spp., mis tekitab juure- ja tüvemädanikku, (Prodorutti jt, 2006). Multside kasutamine suurtel aladel on kulukas (Puls Jr., 2013). Isegi kui multš on tasuta ja kergesti kättesaadav, on selle transport kallis ja enamik multše kestab vaid aasta või kaks. Multšikihti asuvad sageli elama sipelgad ja hiired. Mõnede looduslike materjalide kasutamine võib pigem põhjustada kui takistada umbrohtude levikut. Kasutades multšiks heina, võib istandikku viia rohkesti soovimatuid umbrohuseemneid. Enamik multšidel on madal lämmastikku tase. Seega, kui multš kuivab, võib tekkida tuleoht.

Kui looduslikud multši materjalid pole kättesaadavad või need on kallid, siis kasutatakse mustikaistandikes ka sünteetilisi alternatiive (Prodorutti jt, 2007). Plastikmultši kohta on leitud, et see on väga hea umbrohutõrje eesmärgil ja niiskuse säilitamiseks mullas ning soodustab nii taime kasvu kui ka saagikust (Magee ja Spiers, 1995). Musta kile puuduseks on ka see, et raske on teostada väetamist mineraalväetistega (Perry, 2003). Siinjuures tuleb olla ettevaatlik, kuna väetist või väetisvesilahust saab viia ainult taime võra lähedalt, kuna vastasel juhul tekib oht, et liiga suur kogus väetist satub väga väikesele pinnale. See võib põhjustada taimele tõsiseid kahjustusi. Rehvide laastusid peetakse potentsiaalseks, odavaks multšimaterjaliks (Magee ja Spiers, 1995). Ent sünteetiliste materjalide puuduseks on see, et need ei suurenda otseselt toitainete sisaldust mullas, küll aga aitavad kaudselt kaasa toitumistingimuste parandamisele säilitades mullas vajalikku veerežiimi ja takistades umbrohtude kasvu. Näiteks on välja selgitatud, et plastikmultš ei sobi poolkõrgele mustikale, sest see vähendab saagikust (Albert jt, 2010). Negatiivne mõju ilmnes eriti selgelt pärast taimede noorendamist, kui kilemultšiga taimede normaalne kasv ei taastunud. Kui aga kasutati multšina turvast, siis noorendatud taimede võra taastus väga hästi ühe aasta jooksul.

5. Kokkuvõte

Bakalaureusetöö „Mustikate mineraalne toitumine“ on koostatud kirjanduse põhjal, koosneb kokku 46 leheküljest, sisaldades 14 joonist ja 2 tabelit, kasutatud on 66 kirjandusallikat. Uurimuse eesmärgiks oli välja selgitada mustikate bioloogilised eripärad seoses mineraalse toitumisega ja erinevate keemiliste elementide tähtsus taime füsioloogilistes protsessides ning agrotehnilisi võimalusi mustikate mineraalsae toitumise parandamiseks.

Antud töö koosneb 4 osast: sissejuhatusest, mustika bioloogilistest eripäradest, erinevate keemiliste elementide tähtsusest mustikataime füsioloogilistes protsessides ning sellele järgneb arutelu ja kokkuvõtte.

Töö andis kirjanduse põhjal ülevaate mustikate mineraalsest toitumisest. Kus vaatluse all oli 4 kultuuris kasvatatavat mustikaliiki, nendeks olid silmmustikas (*Vaccinium virgatum* Ait.), kännasmustikas (*V. corymbosum* L.), ahtalehine mustikas (*V. angustifolium* Ait.) ning poolkõrge mustika (*Vaccinium ×atlanticum* E.P.Bicknell) sordid 'Northblue' ja 'Northcountry'.

Töö hüpoteesiks oli välja tuua mustika, kui happelembese taime mineraalse toitumise erinevus lubjalembestest taimedest. See väide sai tõestatud, kuna mustikas erineb oma toitumise poolest lubjalembestest. Mustikatel, kui happelembestel taimedel on välja kujunenud mitmed kohastumused, mis võimaldavad neil elada happelisel ja Ca vaesel mullal ja nad taluvad hästi kõrget mangaani sisaldust happelises mullas. Kuna mustikal puuduvad juure karvad, siis need taimed ei saa toitaineid mullast kätte samamoodi kui lubjalembesed. Selleks, et taim saaks vajalikke toitaineid tuleb talle appi mükorissed seened. Mükoriisaseened aitavad eelkõige taimel omastada fosforit ja lämmastikku.

Töös on tabelite näol välja toodud erinevate mustika liikide sümbiontsed mikroseened ja toitelementide sisaldused lehtedes. Kõige suurem toitainete sisaldus on kännasmustika taime lehtedes ja kõige väiksem silmmustika taimedes.

Mustika taime toitainete omastamisele ja nende tõstmisel on oluline roll agrotehnilistel võtetel. Lisaks mineraal ja orgaaniliste väetiste kasutamisele on võimalik taimede toitumistingimusi parandada erinevaid mullaparandusaineid (kompostid, saepuru jne) ja multše kasutades.

Mustikate kultuuris kasvatamisel on vajalik tundma õppida mustikataimede mineraalse toitumise eripärasid, et sobivaid kasvatustehnoloogilisi võtteid rakendades luua eeldused taimede kõrge produktiivsuse tagamiseks.

6. Summary

This Bachelor's thesis is based on 66 different articles and books, and it comprises of 47 pages, 14 figures, and 2 tables. The purpose of this thesis is to find out the biological peculiarities of blueberries in relation to their mineral nutrition, the importance of different chemical elements in the physiological processes of the plant, and agrotechnical possibilities for improving mineral nutrition of blueberries.

This work consists of four parts: introduction, the biological characteristics of the blueberry, blueberry importance of various chemical elements in plant physiological processes, followed by a discussion and summary.

The thesis studies the mineral nutrition of four kinds of blueberry: rabbiteye blueberry (*Vaccinium virgatum* Ait.), highbush blueberry (*V. corymbosum* L.), lowbush blueberry (*V. angustifolium* Ait.) and two cultivars of a half-high blueberry (*Vaccinium* ×*atlanticum* E.P.Bicknell), namely “Northblue” and “Northcountry”.

The hypothesis of the thesis was that blueberry as an acidophilic plant has different mineral nutrition needs than basophilic plants. The hypothesis was proven true. Blueberries as acidophilic plants have developed several adaptations that enable them to live on acid, calcium lacking soil, and they also tolerate high concentration of manganese. Since blueberry does not have hair on its roots, the plant does not reach nutrients as well as the basophilic plants do. This is where the plant needs the help of mycorrhizal fungi which mostly assist in obtaining phosphorus and nitrogen.

One will find several tables on the symbiotic microfungi of different types of blueberries, and on the nutritional elements that can be found in the leaves of the plant. Highbush blueberry had the highest and silvicultural the lowest level of nutritional element in their leaves.

Agrotechnical measures play an important role in helping the nutrients to reach the blueberry plant. In addition to using mineral and organic fertilizers, the nutritional conditions can be improved by using different soil amendments (compost, sawdust etc) and mulch.

When growing blueberries, it is important to know the characteristics and peculiarities of their nutrition. This way, by using suitable technological measures, one can create the necessary conditions for the high productivity of the plants.

7. Tänuavaldus

Täna südamest oma juhendajat Marge Starastit, kes andis kogu töö vältel vajalikke nõuandeid, toetas mind ja innustas heade sõnadega. Samuti täna oma lähedasi, kes aitasid ja toetasid mind töö vältel.

8. Kasutatud kirjandus

1. Albert, T. 2010. Influence of fertilisation and mulch on growth, yield and fruit biochemical composition of blueberries. (<http://dspace.emu.ee/handle/10492/134?show=full>).
2. Albert, T., Karp, K., Starast, M., Paal, T. 2010. The effect of mulching and pruning on the vegetative growth and yield of the half-high blueberry. *Agronomy Research*, 8 (1), 759–769.
3. Black, B. L. ja Zimmerman, R.H. 2002. Industrial and municipal by-products as substrates for highbush blueberry production. *Acta Horticulturae*, 574, 267–272.
4. Bonfante, P. ja Genre, A. 2008. Plants and arbuscular mycorrhizal fungi: An evolutionary developmental perspective. *Trends in Plant Science*, 13(9): 492–498.
5. Brundrett, M. 2008. Mycorrhizal associations: The Web Resource. Section 8. Mycorrhizal associations of Australian plants. Ericoid mycorrhiza in a hair roots and a coarser of *Leucopogon verticillatus*. <http://mycorrhizas.info/ozplants.html#ericoid>
6. Brundrett, M. 2009. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: Understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant Soil* 320: 37–77.
7. Cairney, J.W. 2000. Evolution of mycorrhiza systems. *Naturwissenschaften* 87(11): 467–475.
8. Carroll, J., Pritts, M., Heidenreich, C. 2012. Production guide for organic blueberries. New York State Department of Agriculture and Markets. Integrated Pest Management Publication No. 225.
9. Dalpé, Y. 1986. Axenic Synthesis of ericoid mycorrhiza in *Vaccinium angustifolium* Ait. By *Oidiodendron* Species. *New Phytologist*, 103 (2): 391-396.
10. Eaton, L. ja Fillmore, S. 2011. Nova Scotia wild blueberry leaf nutrient ranges. Agriculture and agri-food Canada. (http://perennia.ca/Fact%20Sheets/Horticulture/Fruit/Blueberry/Blueb_Leaf_Nutr_ENG-WEB.pdf)
11. Eck, P. 1988. Blueberry science. Rutgers University Press, New Brunswick, N.J.

12. Eestikeelsete taimenimede andmebaas. 2013. (<http://www.ut.ee/taimenimed/>)
13. Erala, S. 2012. Mustikas leiab tee Eesti põldudele. Aed ja Kodu. (<http://aedjakodu.tarbija24.ee/331343/mustikas-leiab-tee-eesti-poldudele/>)
14. Finlay, R. D. 2008. Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. *Journal of Experimental Botany*, 59, 1115–1126.
15. Freeman, B. 1983. Blueberry production. Agfact H3 1.4. Department of Agriculture, New South Wales, Australia.
16. Fuqua, B., Byers, P., Kaps, M., Kovacs, L., Waldstein, D. 2000. Growing blueberries in Missouri. State Fruit Experiment Station Missouri State University Department of Fruit Scienc.
17. Gough, R. E., 1980. Root distribution of colville and lateblue highbush blueberry under sawdust mulch. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105: 576–578.
18. Gough, R.E. ja Poling, E.B. 1996. Small fruits in the home garden. Food Products Press, 272 lk.
19. Hall, M.R. ja Draper, A. D. 1997. Austin rabbiteye blueberry. unspecified Hort iculturae Science. 32(7): 1295–1296 lk.
20. Hanson, E. ja Hancock, J. 1996. Managing the nutrition of highbush blueberries. Extension Bulletin E-2011, Major Revision.
21. Hart, J., Strick, B., White, L., Yang, W. 2006. Nutrient management for blueberries in Oregon. Nutrient Managment. EM 8918.
22. Holmes, R.S. 1960. Effect of phosphorus and pH on iron chlorosis of the blueberry in water culture. *Soil Science*, 90: 374–379.
23. Holzapfel, E.A. 2009. Selection and management of irrigation systems for blueberry. *Acta Horticulturae*, 810: 641-648 lk.
24. Johanson, J. 2012. The highbush blueberry *Vaccinium corymbosum*. University of Wisconsin-La Crosse. (http://bioweb.uwlax.edu/bio203/s2012/johnson_jor3/adaptations.htm)
25. Karp, K., Noormets, M., Starast, M., Paal, T. 2006. The influence of mulching on nutrition and yield of 'Northblue' blueberry. *Acta Horticulturae*, 715: 301–306.

26. Korcak, R.F. 1988. Nutrition of blueberry and other calcifuges. *Horticultural Reviews*, 10: 183–277.
27. Krewer, G. ja NeSmith, D.S. 2001. Blueberry fertilization in soil. University of Georgia Ext. Fruit Publication 01-1.
28. Krewer, G. ja Ruter, J. 2012. Fertilizing highbush blueberries in pine bark beds. College of Agricultural and Environmental Sciences.
29. Kuepper, D.L. ja Diver, S. 2004. Blueberries: organic production. National Center for Appropriate Technology Agriculture Specialists.
30. Laycock, W.A. 1967. Distribution of roots and rhizomes in different soil types in the pine barrens of New Jersey. *Geological Survey Professional Paper* 563–C.
31. Libik, A. ja Wojtaszek, T. 1973. The effect of mulching on the behaviour of some nutrient compounds in the soil. *Acta Horticulturae*. 29: 395–404.
32. Luby, J.J., Wildung, D.K., Stushnoff, C., Mansion, S.T., Read, P.E. Hoover, E., E. 1989. 'Northblue', 'Northsky' and 'Northcountry' blueberries. *Horticulturae Science*, 21: 1240–1242.
33. Magee, J.B. ja Spiers, J.M. 1995. Influence of mulching systems on yield and quality of southern highbush blueberries. *Journal of Small Fruit and Viticulture*, 3: 133–141.
34. Moore, J.N. 1990. Mulching blueberries: Fact vs. fiction. *Proc. MO. Small Fruit Conf.* 59–63.
35. Moore, J.N., 1993. Adapting low organic upland mineral soils for culture of highbush blueberries. *Acta Horticultural*, 346: 221–229.
36. Patten, K.D., Neuendorff, E.W., Peters, S.C. 1988. Root distribution of 'Climax' rabbiteye blueberry as affected by mulch and irrigation geometry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 113: 657–661.
37. Patten, K.D., Neuendorff, E.W., Leonard, A.T., Haby, V.A. 1988. Mulch and irrigation placement effects on soil chemistry properties and rabbiteye blueberry plants irrigated with sodic water. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 113: 4–8.
38. Patten, K.D., Neuendorff, E.W., Nimr, G.H., Peters, S.C., Cawthon, D.L. 1989. Growth and yield of rabbiteye blueberry as affected by orchard floor management practices and irrigation geometry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 114: 728–732.

39. Pearson, V. ja Read, D.J. 1973. The biology of mycorrhiza in the *Ericaceae*. I. The isolation of the endophyte and synthesis of mycorrhizas in aseptic cultures. *New Phytologist*, 72: 371–379.
40. Perez-Murcia, M.D., Moral, R., Moreno-Caselles, J., Perez-Espinosa, A., Paredes, C. 2006. Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli. *Bioresource Technology*, 97: 123–130.
41. Perry, G. 2003. Blueberry mulching. Penn State Cooperative Extension, Penn State University. New York Berry News, Vol. 3 No. 11.
42. Pritts, M.P. ja Hancock, J.F. 1992. Highbush blueberry production guide. Northeast Regional Agricultural Engineering Service -55.
43. Prodorutti, D., Palmieri, L., Gobbin, D., Pertot, I. 2006. First report of *Armillaria gallica* on highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*) in Italy. *Plant Pathology*, 55 (4): 583.
44. Prodorutti, D., Pertot, I., Giongo, L., Gessler, C. 2007. Highbush blueberry: cultivation, protection, breeding and biotechnology. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1(1): 44–56.
45. Puls Jr., E.E. 2013. Commercial blueberry production. Louisiana State University Agricultural Center.
46. Read, D.J. 1996. The structure and function of the ericoid mycorrhizal root. *Annals of Botany*, 77(4): 365–374.
47. Road, J. 2013. A guide to fertilizing blueberry. Spectrum Analytic Inc. (http://www.spectrumanalytic.com/support/library/rf/A_Guide_to_Fertilizing_Blueberries.ht)
48. Smith, S.E. ja Read, D.J. 2008. Mycorrhizal symbiosis. 3rd edn. London, Great Britain: Academic Press.
49. Souto, C., Pellissier, F., Chiapusio, G. 2000. Allelopathic effects of humus phenolics on growth and respiration of mycorrhizal Fungi. *Journal of Chemical Ecology*, 26 (9): 2015–2023.
50. Spiers, J.M. 1983. Irrigation and peatmoss for the establishment of rabbiteye blueberries. *Horticulturae Science*, 18: 936–937.

51. Spiers, J.M. 1986. Root distribution of 'Tifblue' rabbiteye blueberry as influenced by irrigation, incorporated peatmoss, and mulch. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 111: 877–880.
52. Starast, M., Karp, K., Tasa, T. 1991. Winter hardiness of half-high blueberry varieties 'Northblue' and 'Northcountry'. *Transactions of the Estonian Agricultural University*, 203: 162–164.
53. Starast, M., Karp, K., Paal, T., 2002. The effect of using different mulches and growth substrates on half-highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* x *V. angustifolium*) cultivars 'Northblue' and 'Northcountry'. *Acta Horticulturae*, 574: 281–286.
54. Starast, M.; Karp, K.; Vool, E.; Moor, U. 2005. The cultivation of half-high bush blueberry under organic farming condition. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 83(1): 155 - 168.
55. Starast, M., Karp, K., Paal, T., Värnik, R., Vool, E. 2005. Kultuurmustikas ja selle kasvatamine Eestis. *Eesti Põllumajandusülikool*.
56. Starast, M., Kõljalg, U., Karp, K., Vool, E., Noormets, M., Paal, T. 2006. Mycorrhizal colonization of half-high blueberry cultivars influenced by cultural practices. *Acta Horticulturae*, 715:759–769 lk.
57. Straker, C.J. 1996. Ericoid mycorrhiza: ecological and host specificity. *Mycorrhiza*, 6:215–225.
58. Stribley, D.P. ja Reade, D.J. 1974. The biology of mycorrhiza in the Ericaceae. IV. the effect of mycorrhizal infection and concentration of ammonium nitrogen on growth of cranberry *Vaccinium macrocarpon* Ait. *New Phytologist*, 73:1149–1155.
59. Strik, B. 2005. Blueberry: an expanding world berry crop. *Chronica Horticulturae*, 45(1): 7–12.
60. Strik, B.C. ja Finn, C.E. 2008. Blueberry cultivars for Oregon. EC 1308–EU.
61. Van der Heijden, M.G., Bardgett, R.D., Van Straalen, N.M. 2008. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 11: 296–310.
62. Vander Kloet, S.P. 1988. The genus *Vaccinium* in North America. Ottawa, Canada: Canada Government Publishing Centre.

63. Wang, B. ja Qiu, Y.L. 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza*, 16(5): 299–363.
64. Yadong,L., Shuang, Z., Hanping, D. ja Xiuwu, G. 2009. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium on growth, fruit production and leaf physiology in blueberry. *Acta Horticulturae*, 810: 759–764 lk.
65. Yang, W.Q., Goulart, B.L., Demchak, K. ja Li, Y.D. 2002. Interactive effects of mycorrhizal inoculation and organic soil amendments on nitrogen acquisition and growth of highbush blueberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127(5): 742–748.
66. Yemmireddy, V.K., Chinnan, M.S., Kerr, W.L. ja Hung, Y.-C. 2013. Effect of drying method on drying time and physico-chemical properties of dried rabbiteye blueberries. *LWT - Food Science and Technology* 50(2): 739–745.

